

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Mai 2004 (27.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/044211 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C12P 7/42,  
C12N 15/63, 1/21, C07D 339/04

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DASSLER, Tobias  
[DE/DE]; Himalajastrasse 14, 81825 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/010687

(74) Anwälte: POTTEN, Holger usw.; Wacker-Chemie  
GmbH, Zentralbereich PML, Hanns-Seidel-Platz 4, 81737  
München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. September 2003 (25.09.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (national): AU, CA, CN, JP, KR,  
MX, RU, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

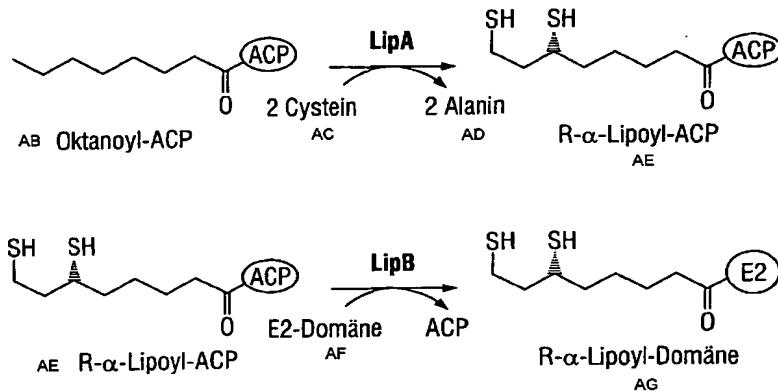
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CELLS OVEREXPRESSING LIPOYL-PROTEIN LIGASE B-GENE FOR FERMENTATIVE PRODUCTION OF  
R-ALPHA-LIPONIC ACID

(54) Bezeichnung: ZELLEN DIE, EIN LIPOYL-PROTEIN-LIGASE B-GEN ÜBEREXPRIMIEREN, ZUR FERMENTATIVEN  
HERSTELLUNG VON R-ALPHA-LIPONSÄURE

**AA Synthese der R- $\alpha$ -Liponsäure in *E. coli***



AA... SYNTHESIS OF R- $\alpha$  LIPONIC ACID IN *E. coli*  
AB... OCTANOYL-ACP  
AC... 2 CYSTEINE  
AD... 2 ALANINE  
AE... R- $\alpha$ -LYPOYL ACP  
AF... E2 DOMAINS  
AG... R- $\alpha$ -LYPOYL DOMAINS

(57) Abstract: The invention relates to cells and to a method for the production of R- $\alpha$ -liponic acid by fermentation. The inventive host organism strain, which is suitable for fermentative production of R- $\alpha$ -liponic acid, is characterized in that it overexpresses a gene coding for a lipoyl-protein ligase B and it that it releases the formed R- $\alpha$  liponic acid in free form into the culture medium.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/044211 A1



- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft Zellen und ein Verfahren zur Herstellung von R- $\alpha$ -Liponsäure mittels Fermentation. Der erfindungsgemäße Wirtsorganismenstamm, der zur fermentativen Herstellung von R- $\alpha$ -Liponsäure geeignet ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass er ein Gen codierend für eine LipoylProtein-Ligase B überexprimiert und die gebildete R- $\alpha$  Liponsäure in freier Form in das Kulturmedium ausscheidet.

ZELLEN DIE, EIN LIPOYL-PROTEIN-LIGASE B-GEN ÜBEREXPRIMIEREN, ZUR FERMENTATIVEN HERSTELLUNG VON R- $\alpha$ -LIPONSÄURE

Die Erfindung betrifft Zellen, die R- $\alpha$ -Liponsäure sekretieren, und ein Verfahren zur fermentativen Herstellung der R- $\alpha$ -Liponsäure unter Verwendung dieser Zellen.

R- $\alpha$ -Liponsäure ist in einer Vielzahl von Pro- und Eukaryonten ein essentieller Cofaktor bestimmter Multienzymkomplexe. Dabei ist die R- $\alpha$ -Liponsäure jeweils kovalent an die  $\epsilon$ -Aminogruppe eines spezifischen Lysin-Rests des entsprechenden Enzyms gebunden. Auf diese Weise ist die R- $\alpha$ -Liponsäure ein Teil der E2-Untereinheit der Pyruvat-Dehydrogenase (PDH) [EC 2.3.1.12] bzw. der  $\alpha$ -Ketoglutarat-Dehydrogenase (KGDH) [EC 2.3.1.61] und spielt dort als Redoxpartner und Acylgruppenüberträger eine entscheidende Rolle bei der oxidativen Decarboxylierung von  $\alpha$ -Ketosäuren. Außerdem fungiert Liponsäure als Aminomethyl-Carrier in Glycin-Cleavage Enzymsystemen.

$\alpha$ -Liponsäure ist ein optisch aktives Molekül mit einem Chiralitätszentrum am Kohlenstoffatom C6. Dabei stellt die R-Konfiguration der  $\alpha$ -Liponsäure das natürlich vorkommende Enantiomer dar. Nur diese Form zeigt physiologische Aktivität als Cofaktor der entsprechenden Enzyme.  $\alpha$ -Liponsäure kann sowohl in einer oxidierten (5-[1,2]-Dithiolan-3-yl-Pentansäure) als auch in einer reduzierten Form (6,8-Dimercapto-Oktansäure) vorkommen. Im Folgenden sind unter der Bezeichnung " $\alpha$ -Liponsäure" beide Formen sowie die jeweiligen Salze der  $\alpha$ -Liponsäure, wie z. B. das Calcium-, Kalium-, Magnesium-, Natrium- oder das Ammoniumsalz, zu verstehen.

Die Biosynthese von R- $\alpha$ -Liponsäure wurde besonders an dem Bakterium *Escherichia coli* intensiv untersucht (s. Fig. 1). Hier dient Oktansäure, die an das Acyl-Carrier-Protein (ACP) kovalent gebunden ist, als spezifische Vorstufe bei der Liponsäure-Synthese. In einer komplexen Reaktion werden zwei Schwefelatome auf die derart aktivierte Oktansäure (Oktanoyl-ACP) übertragen, wobei R- $\alpha$ -Lipoyl-ACP entsteht. Diese Reaktion wird von der Sulfurtransferase Liponsäure-Synthase [EC 2.8.1.-],

dem *lipA*-Genprodukt, katalysiert. Als Schwefeldonor dient dabei letztendlich die Aminosäure L-Cystein. Der anschließende Transfer der R- $\alpha$ -Liponsäure von R- $\alpha$ -Lipoyl-ACP auf die E2-Untereinheit der  $\alpha$ -Ketosäure-Dehydrogenasen wird von der Lipoyl-Protein-Ligase B [EC 6.---.], dem *lipB*-Genprodukt, katalysiert, ohne dass dabei jedoch R- $\alpha$ -Lipoyl-ACP oder R- $\alpha$ -Liponsäure als freie Zwischenprodukte auftreten (Miller et al., 2000, *Biochemistry* 39:15166-15178).

Über die Biosynthese von R- $\alpha$ -Liponsäure in Eukaryonten ist wenig bekannt. Es wird aber vermutet, dass die R- $\alpha$ -Liponsäure-Synthese sowie der Transfer auf die entsprechenden Enzyme in den Mitochondrien eukaryontischer Zellen auf ähnliche Weise wie in Bakterien erfolgt.

Neben ihrer Relevanz als essentieller Bestandteil von Enzymen mit einer zentralen Rolle im Stoffwechsel, wurde schon früh die Bedeutung der  $\alpha$ -Liponsäure für die Pharmakotherapie sowie für die Nahrungsmittelergänzung (Nutraceutical) erkannt:

$\alpha$ -Liponsäure besitzt aufgrund ihrer beiden Thiolgruppen eine ausgeprägte Wirksamkeit als Antioxidans und kann deshalb den Organismus vor schädlichen Prozessen, die durch oxidativen Stress induziert werden, schützen. Außerdem ist  $\alpha$ -Dihydroliponsäure, die reduzierte Form der  $\alpha$ -Liponsäure, aufgrund ihrer Eigenschaft als starkes Reduktionsmittel in der Lage, andere oxidierte natürliche Antioxidationsmittel im Körper wie Ascorbinsäure oder  $\alpha$ -Tocopherol direkt oder indirekt zu regenerieren oder bei deren Mangel diese auch zu ersetzen. Entsprechend kommt der  $\alpha$ -Liponsäure im Zusammenspiel mit Ascorbinsäure,  $\alpha$ -Tocopherol und Glutathion, dem sogenannten "Netzwerk der Antioxidantien", eine zentrale Bedeutung zu.

$\alpha$ -Liponsäure wird außerdem zur Prävention und Bekämpfung von Diabetes mellitus Typ II und dessen Folgeschäden, wie z. B. Polyneuropathie, Cataract oder Kardiovaskularleiden, eingesetzt.

Die unterschiedliche biologische Aktivität beider Enantiomere der  $\alpha$ -Liponsäure ist derzeit Gegenstand intensiver Untersu-

chungen, wobei sich allerdings immer mehr herauskristallisiert, dass die Applikation des reinen R-Enantiomers der  $\alpha$ -Liponsäure deutliche Vorteile gegenüber der S-Form aufweist. So wurde im *in vitro*-Versuch gezeigt, dass nur die natürliche 5 R- $\alpha$ -Liponsäure zur Bildung funktioneller  $\alpha$ -Ketosäure-Dehydrogenasen führt. Das S-Enantiomer hatte dagegen sogar einen inhibierenden Effekt auf die Stimulierung der Enzymaktivität durch R- $\alpha$ -Liponsäure. Die Reduktion von  $\alpha$ -Liponsäure und damit 10 die Regeneration der antioxidativ wirksamen  $\alpha$ -Dihydroliponsäure in den Mitochondrien ist für die Zelle von essentieller Bedeutung. Die mitochondriale NADH-abhängige Lipoamid-Reduktase von Säugern zeigt mit dem R-Enantiomer eine fast 20-fach höhere Aktivität als mit der S-Form. Des weiteren hat R- $\alpha$ -Liponsäure verglichen mit dem S-Enantiomer einen deutlich 15 stärkeren Effekt auf die insulin-vermittelte Glucose-Aufnahme und den Glucose-Metabolismus von Skelettmuskelzellen insulin-resistenter Ratten. Im Tierversuch zeigte die R-Form außerdem einen antiphlogistischen Effekt, während die S-Form eher eine analgetische Wirkung hatte. Um unerwünschte Nebeneffekte zu 20 vermeiden, ist es daher äußerst wünschenswert,  $\alpha$ -Liponsäure jeweils nur in der enantiomerenreinen Form zu applizieren.

Derzeit erfolgt die großtechnische Herstellung von  $\alpha$ -Liponsäure ausschließlich mittels chemischer Verfahren, wobei immer 25 das Razemat aus R- und S-Form als Endprodukt gebildet wird (Y-adav et al., 1990, J. Sci. Ind. Res. 49: 400-409). Zur Gewinnung von enantiomerenreiner R- $\alpha$ -Liponsäure wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Beispielsweise kann das Razemat der  $\alpha$ -Liponsäure oder eines der Syntheseintermediate entweder chemisch mittels chiraler Hilfssubstanzen (Walton et. al, 1954, 30 J. Amer. Chem. Soc. 76: 4748; DE 4137773) oder enzymatisch (Adger et al., 1995, J. Chem. Soc., Chem. Commun.: 1563-1564) aufgespalten werden. In anderen Verfahren unterbleibt die Entstehung eines Razemats aufgrund eines enantioselektiven Syntheseschritts, wobei das neue Chiralitätszentrum entweder chemisch 35 (DE 3629116; DE 19533881; Bringmann et al., 1999, Z. Naturforsch. 54b: 655-661; DE 10036516) oder durch eine stereospezifische Biotransformation mittels Mikroorganismen einge-

führt werden kann (Gopalan und Jacobs, 1989, *Tetrahedron Lett.* 30: 5705-5708; Dasaradhi et al., 1990, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*: 729-730; DE 10056025). Andere Prozesse wiederum starten die chemische Synthese von enantiomerenreiner  $\alpha$ -Liponsäure 5 mit einem natürlich vorkommenden chiralen Edukt wie z. B. S-Maleinsäure oder D-Mannitol (Brookes und Golding, 1988, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. I*: 9-12; Rama Rao et al., 1987, *Tetrahedron Lett.* 28, 2183-2186). Wegen z. T. aufwendiger Syntheseschritte, geringer Ausbeuten und hoher Materialkosten 10 sind alle bekannten Methoden zur Herstellung von enantiomerenreiner R- $\alpha$ -Liponsäure derzeit nicht wirtschaftlich.

Die großtechnische Herstellung vieler niedermolekularer Naturstoffe, wie z.B. Antibiotika, Vitamine oder Aminosäuren, erfolgt 15 heute oftmals mittels eines fermentativen Verfahrens unter Verwendung verschiedener Stämme von Mikroorganismen.

Die Anmeldung am Deutschen Patent- und Markenamt mit dem Aktenzeichen 10235270.4 beschreibt Zellen, die enantiomerenreine 20 R- $\alpha$ -Liponsäure sekretieren, sowie ein Verfahren, bei dem die Produktion von enantiomerenreiner R- $\alpha$ -Liponsäure ausschließlich in einem Fermentationsprozeß erfolgt. Dabei führt die Überexpression eines Liponsäure-Synthase-Gens dazu, dass die Zellen freie R- $\alpha$ -Liponsäure in das Kulturmedium ausscheiden, 25 allerdings in noch sehr beschränktem Ausmaß.

Nur in seltenen Fällen führt eine einzige genetische Manipulation im Zuge des sogenannten "metabolic engineering" eines Wildtypstammes zur Überproduktion der gewünschten Verbindung 30 in ausreichendem Umfang.

Entsprechend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, leistungsfähige Zellen, welche enantiomerenreine R- $\alpha$ -Liponsäure in ein Kulturmedium sekretieren, bereitzustellen.

35

Diese Aufgabe wird gelöst durch Zellen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie ein Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen (*lipB*-Gen) überexprimieren.

Unter der vom *lipB*-Gen codierten Enzymaktivität ist dabei die-jenige Lipoyl-Protein-Ligase-Aktivität einer Zelle zu verstehen, welche eine strikte Präferenz für R- $\alpha$ -Lipoyl-ACP gegen-  
5 über freier R- $\alpha$ -Liponsäure als Substrat aufweist (s. Fig. 1).

Unter einer Überexpression ist im Sinne der vorliegenden Erfindung vorzugsweise zu verstehen, dass das Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen im Vergleich zur jeweiligen Wildtyp-Zelle, aus  
10 der das Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen gewonnen wurde, mindestens um den Faktor 2, bevorzugt mindestens um den Faktor 5 vermehrt exprimiert wird.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen um ein Gen mit der Sequenz SEQ ID NO: 1 oder um eine funktionelle Variante dieses Gens.  
15

Unter einer funktionellen Variante ist im Sinne der vorliegenden Erfindung eine DNA-Sequenz zu verstehen, die sich durch  
20 Deletion, Insertion oder Substitution von Nukleotiden aus der in SEQ ID NO: 1 dargestellten Sequenz ableitet, wobei die enzymatische Aktivität der durch das Gen codierten Lipoyl-Protein-Ligase B erhalten bleibt.

25 Um eine Überexpression des *lipB*-Gens in der Zelle zu erreichen, kann die Kopienzahl des *lipB*-Gens in einer Zelle erhöht sein und/oder es kann die Expression des *lipB*-Gens, vorzugsweise durch geeignete Promotoren, gesteigert sein.

30 Durch die Überexpression eines *lipB*-Gens ist die Lipoyl-Protein-Ligase B-Aktivität der Zelle jeweils um mindestens den gleichen Faktor gesteigert.

Vorzugsweise überexprimiert eine erfindungsgemäße Zelle ein  
35 Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen, das für ein Protein umfassend die Sequenz ID NO: 2 oder funktionelle Varianten mit einer Sequenzhomologie zu SEQ ID NO: 2 größer 40 % codiert.

Vorzugsweise ist die Sequenzhomologie zu SEQ ID NO: 2 größer 60 %, besonders bevorzugt ist die Sequenzhomologie zu SEQ ID NO: 2 größer 80 %.

5 In der vorliegenden Erfindung beziehen sich alle erwähnten Homologiewerte auf Ergebnisse, die mit dem Algorithmus BESTFIT (GCG Wisconsin Package, Genetics Computer Group (GCG) Madison, Wisconsin) erhalten werden.

10 Die Erhöhung der Kopienzahl eines *lipB*-Gens in einer Zelle kann mit dem Fachmann bekannten Methoden erreicht werden. So kann zum Beispiel ein *lipB*-Gen in einen Plasmid-Vektor mit mehrfacher Kopienzahl pro Zelle (z.B. pUC19, pBR322, pACYC184 für *Escherichia coli*) kloniert und in die Zelle eingebracht werden. Alternativ kann ein *lipB*-Gen mehrfach ins Chromosom einer Zelle integriert werden. Als Integrationsverfahren können die bekannten Systeme mit temperenten Bakteriophagen, integrative Plasmide oder die Integration über homologe Rekombination genutzt werden (z.B. Hamilton et al., 1989, J. Bacteriol. 171: 4617-4622).

25 Bevorzugt ist die Erhöhung der Kopienzahl durch Klonierung eines *lipB*-Gens in einen Plasmid-Vektor unter Kontrolle eines Promotors. Besonders bevorzugt ist die Erhöhung der Kopienzahl in *Escherichia coli* durch Klonierung eines *lipB*-Gens in ein pBAD-Derivat wie z. B. pBAD-GFP (Crameri et al., 1996, Nat. Biotechnol. 14: 315-319). Die Erfindung betrifft somit auch ein Plasmid dadurch gekennzeichnet, dass es ein *lipB*-Gen unter funktioneller Kontrolle eines Promotors enthält.

30 Als Kontrollregion für die Expression eines plasmid-codierten *lipB*-Gens kann die natürliche Promotor- und Operatorregion des *lipB*-Gens dienen, die verstärkte Expression eines *lipB*-Gens kann jedoch insbesondere auch mittels anderer Promotoren erfolgen. Entsprechende Promotorsysteme, die entweder eine andauernde oder eine kontrollierte, induzierbare Expression des Lipoyl-Protein-Ligase B-Gens ermöglichen wie beispielsweise in *Escherichia coli* der konstitutive GAPDH-Promotor des *gapA*-Gens

oder die induzierbaren lac-, tac-, trc-, lambda-, ara oder tet-Promotoren, sind dem Fachmann bekannt (Makrides S. C., 1996, *Microbiol. Rev.* 60: 512-538). Solche Konstrukte können in an sich bekannter Weise auf Plasmiden oder chromosomal verwendet werden.

5 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform für die Klonierung eines *lipB*-Gens wird ein Plasmid verwendet, das bereits einen Promotor zur verstärkten Expression enthält, wie beispielsweise das induzierbare Arabinose-Promotor/Repressor-10 system von *Escherichia coli*.

15 Des weiteren kann eine verstärkte Expression dadurch erreicht werden, daß Translationsstartsignale, wie z. B. die Ribosomenbindestelle oder das Startcodon des Gens, in optimierter Sequenz auf dem jeweiligen Konstrukt vorhanden sind, oder dass gemäß der "codon usage" seltene Codons gegen häufiger vorkommende Codons ausgetauscht werden.

20 Bevorzugt enthalten erfindungsgemäße Zellen ein Plasmid mit einem *lipB*-Gen sowie den genannten Modifikationen der Regulationssignale. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das native schwache Startcodon des *lipB*-Gens (TTG) durch das starke Startcodon ATG ersetzt.

25 Die Klonierung eines *lipB*-Gens in einen Plasmid-Vektor erfolgt beispielsweise durch spezifische Amplifikation eines *lipB*-Gens mittels der Polymerase-Ketten-Reaktion unter Einsatz von spezifischen Primern, die das komplette *lipB*-Gen erfassen, und 30 anschließende Ligation mit Vektor-DNS-Fragmenten.

35 Erfindungsgemäße Zellen, die eine gegenüber einer Ausgangszelle erhöhte Expression eines *lipB*-Gens und verbunden damit eine gesteigerte Lipoyl-Protein-Ligase B-Aktivität aufweisen, können mit Standardtechniken der Molekularbiologie aus einer Ausgangszelle erzeugt werden.

In einer Vielzahl von Zellen konnten Lipoyl-Protein-Ligase B-Gene identifiziert werden. Erfindungsgemäße Zellen lassen sich somit vorzugsweise aus Zellen von pro- oder eukaryontischen Organismen herstellen, die in der Lage sind, R- $\alpha$ -Liponsäure 5 selbst zu synthetisieren (Ausgangszelle), die rekombinanten Verfahren zugänglich sind und die durch Fermentation kultivierbar sind. Auch pflanzliche oder tierische Zellen, die in Zellkultur züchtbar sind, sind somit zur Herstellung erfindungsgemäßer Zellen geeignet.

10

Bevorzugt handelt es sich bei den erfindungsgemäßen Zellen um Mikroorganismen, wie zum Beispiel Hefe- oder Bakterienstämme. Besonders bevorzugt handelt es sich um Bakterienstämme aus der Familie der Enterobacteriaceae, ganz besonders bevorzugt um 15 Stämme der Art *Escherichia coli*.

Als Ausgangszellen sind auch solche Zellen besonders geeignet, die durch eine verstärkte Expression des *lipA*-Gens bereits eine erhöhte Liponsäure-Synthase-Aktivität aufweisen.

20

Durch eine gängige Transformationsmethode (z.B. Elektroporation) werden die *lipB*-haltigen Plasmide in eine Ausgangszelle eingebracht und beispielsweise mittels Antibiotika-Resistenz auf plasmid-tragende Klone selektiert.

25

Die Erfindung betrifft somit auch Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Zelle, dadurch gekennzeichnet, dass in eine Ausgangszelle ein erfindungsgemäßes Plasmid eingebracht wird.

30

Eine weitere Aufgabe der Erfindung war es, ein Fermentationsverfahren zur Verfügung zu stellen, welches die Herstellung enantiomerenreiner R- $\alpha$ -Liponsäure ermöglicht.

35

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass eine erfindungsgemäße Zelle in einem Kulturmedium kultiviert wird, wobei die Zelle enantiomerenreine R- $\alpha$ -Liponsäure in freier Form in das Kulturmedium ausschei-

det und die enantiomerenreine R- $\alpha$ -Liponsäure von dem Kulturmedium abgetrennt wird.

Die Gewinnung von R- $\alpha$ -Liponsäure aus dem Kulturmedium kann  
5 nach dem Fachmann bekannten Verfahren, wie Zentrifugation des Mediums zur Abtrennung der Zellen und durch anschließende Extraktion oder Präzipitation des Produkts erfolgen.

Aus physiologischen und biochemischen Daten geht hervor, dass  
10 Liponsäure in Wildtyp-Zellen nahezu ausschließlich in gebundener Form vorkommt, da bereits die Synthese der R- $\alpha$ -Liponsäure vollständig proteingebunden erfolgt (vgl. Fig. 1) (Herbert und Guest, 1975, Arch. Microbiol. 106: 259-266; Miller et al., 2000, Biochemistry 39:15166-15178). Überraschenderweise wurde  
15 jedoch im Rahmen der vorliegenden Erfindung gefunden, dass die Überexpression eines Lipoyl-Protein-Ligase B-Gens zur Anhäufung freier, enantiomerenreiner R- $\alpha$ -Liponsäure im Kulturmedium des Wirtsorganismus führt. Dies wiederum erlaubt eine einfache Isolierung des Produkts aus dem Kulturmedium nach Abtrennung  
20 der Biomasse, ohne dass die Zellen zuvor aufgebrochen werden müssen, bzw. ohne dass die R- $\alpha$ -Liponsäure durch einen aufwendigen und verlustreichen Hydrolyseschritt vom daran gebundenen Trägerprotein (ACP oder die E2-Untereinheit der  $\alpha$ -Ketosäure-Dehydrogenasen) abgespalten werden muss.

25 Die Kultivierung der erfindungsgemäßen Zellen zur Produktion von R- $\alpha$ -Liponsäure erfolgt vorzugsweise in einem aus der Literatur bekannten Minimalsalzmedium (Herbert und Guest, 1970, Meth. Enzymol. 18A, 269-272).

30 Als Kohlenstoffquelle können prinzipiell alle verwertbaren Zucker, Zuckeralkohole oder organische Säuren verwendet werden. Des weiteren können kurzkettige Fettsäuren mit einer Kettenlänge von C2-C8, bevorzugt mit einer Kettenlänge von C6-C8  
35 (Hexan- bzw. Oktansäure), als spezifische Vorstufen für die  $\alpha$ -Liponsäure-Synthese dem Medium zugesetzt werden. Dabei beträgt die Konzentration der zugesetzten Kohlenstoffquelle vorzugsweise 1-30 g/l.

Die Inkubation der erfindungsgemäßen Zellen erfolgt vorzugsweise unter aeroben Kultivierungsbedingungen über einen Zeitraum von 16 - 150 h und im Bereich der für die jeweiligen Zellen optimalen Wachstumstemperatur.

Als optimaler Temperaturbereich werden 15 - 55 °C bevorzugt. Besonders bevorzugt ist eine Temperatur zwischen 30 und 37 °C.

Der Nachweis und die Quantifizierung der im erfindungsgemäßen Verfahren produzierten R- $\alpha$ -Liponsäure erfolgt beispielsweise mittels eines Bioassays unter Verwendung eines liponsäureauxotrophen Indikatorstammes (*lipA*-Mutante). Diese Art der turbidimetrischen Quantifizierung von R- $\alpha$ -Liponsäure ist aus der Literatur bekannt (Herbert und Guest, 1970, *Meth. Enzymol.* 18A, 269-272). Der im Rahmen der vorliegenden Erfindung verwendete Indikatorstamm W1485lip2 (ATCC 25645), würde allerdings auch ohne supplementierte R- $\alpha$ -Liponsäure wachsen, wenn das Medium neben Glucose auch noch Acetat und Succinat enthält. Um ein falschpositives Wachstum des Indikatorstammes im Bioassay bei der Bestimmung der produzierten R- $\alpha$ -Liponsäure zu vermeiden - beispielsweise verursacht durch einen Eintrag von Glucose und den vom Produktionsstamm zusätzlich zur R- $\alpha$ -Liponsäure ausgeschiedenen Säuren Acetat und Succinat - erfolgt bereits die Anzucht des R- $\alpha$ -Liponsäure-Produzenten bevorzugt mit Succinat als einziger Kohlenstoffquelle. Dieser Stamm wird mit dem Kulturüberstand einer erfindungsgemäßen Zellanzucht supplementiert; anhand des Wachstums des Indikatorstammes kann dann der Liponsäure-Gehalt im Kulturmedium bestimmt werden.

Die folgenden Beispiele dienen der weiteren Erläuterung der Erfindung. Der Bakterienstamm *Escherichia coli* W3110 / pBAD-lipB, der für die Ausführung der Beispiele verwendet wurde, wurde bei der DSMZ (Deutsche Sammlung für Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, D-38142 Braunschweig) unter der Nummer DSM 15180 gemäß Budapester Vertrag hinterlegt.

**Beispiel 1: Konstruktion des Vektors pBAD-lipB****A. Amplifizierung des *lipB*-Gens**

Das *lipB*-Gen aus *E. coli* wurde mittels der Polymerasekettenreaktion (PCR) unter Verwendung der Pwo-DNA-Polymerase nach gängiger, dem Fachmann bekannter Praxis amplifiziert. Als Matrize diente die chromosomal DNA des *E. coli*-Wildtypstammes W3110 (ATCC 27325). Als Primer wurden die 5'-phosphorylierten Oligonukleotide *lipB*-fwd und *lipB*-rev mit folgenden Sequenzen verwendet:

lipB-fwd: (SEQ ID NO: 3)

5' - CAC GGA GAT GCC CAT ATG TAT CAG GAT AAA ATT C - 3'  
NdeI

lipB-rev: (SEQ ID NO: 4)

5' - ATT GGG CCA TTG ATG TAT GGA ATT AAG CGG - 3'

Das bei der PCR erhaltene DNA-Fragment mit einer Länge von ca. 0,68 kb wurde anschließend mittels eines DNA-Adsorptions-säulchens des QIAprep Spin Miniprep Kits (Qiagen, Hilden) nach Herstellerangaben gereinigt.

**B. Klonierung des *lipB*-Gens in den Vektor pKP477**

In das PCR-Fragment wurde über die Primer-Sequenz von *lipB*-fwd eine Schnittstelle für die Restriktionsendonuklease *Nde*I (Erkennungssequenz im Oligonukleotid unterstrichen) eingeführt. Das gereinigte PCR-Fragment wurde mit der Restriktionsendonuclease *Nde*I unter den vom Hersteller angegebenen Bedingungen geschnitten, anschließend über ein Agarosegel aufgetrennt und dann mittels des GENECLEAN Kits (BIO 101 Inc., La Jolla, Kalifornien, USA) nach Herstellerangaben aus dem Agarosegel isoliert.

Der Klonierungs- und Expressionsvektor pKP477 wurde wie folgt aus dem Vektor pBAD-GFP (Crameri et al., 1996, Nat. Biotechnol. 14: 315-319), einem Derivat des Vektors pBAD18, erhalten: Zunächst wurde das GFP-Gen durch Restriktion des Vektors pBAD-GFP mit den Endonukleasen *Nhe*I und *Eco*RI entfernt. Die 5'-

überhängenden Enden des verbleibenden ca. 4,66 kb langen Vektor-Fragments wurden dann mit dem Klenow-Enzym aufgefüllt und der Vektor schließlich unter Verwendung der T4-Ligase religiert. Die Transformation von *E. coli*-Zellen des Stammes DH5 $\alpha$  mit dem Ligationsansatz erfolgte mittels Elektroporation in einer dem Fachmann bekannten Art und Weise. Der Transformationsansatz wurde auf LB-Ampicillin-Agarplatten (10 g/l Trypton, 5 g/l Hefeextrakt, 10 g/l NaCl, 15 g/l Agar, 100 mg/l Ampicillin) ausgebracht und über Nacht bei 37 °C inkubiert. Die gewünschten Transformanden wurden nach einer Plasmidisolierung mittels eines QIAprep Spin Miniprep Kit (Qiagen, Hilden) durch eine Restriktionsanalyse identifiziert. Der so erhaltene Vektor trägt die Bezeichnung pKP476.

Um die zweite, sich in der Nähe des Replikationsursprungs befindliche *Nde*I-Schnittstelle des Vektors pKP476 zu entfernen, erfolgte zunächst eine Partialrestriktion des Vektors pKP476 mit *Nde*I in einer dem Fachmann bekannten Art und Weise. Das linearisierte, d. h. nur einmal geschnittene, Vektorfragment wurde wie oben beschrieben isoliert. Anschließend wurden die 5'-überhängenden Enden dieses Fragments mit dem Klenow-Enzym aufgefüllt und der Vektor wie oben beschrieben religiert, transformiert und mittels Restriktionsanalyse überprüft. In dem so entstandenen Plasmid pKP477 befindet sich nun die singuläre *Nde*I-Schnittstelle in einem optimalen Abstand zu einer optimierten Ribosomenbindestelle.

Das Plasmid pKP477 enthält verschiedene genetische Elemente, die eine kontrollierte Expression eines beliebigen Gens erlauben. Es handelt sich dabei um einen Vektor mit einem von der pBR-Plasmidfamilie abgeleiteten Replikationsursprung. Die Expression des klonierten Gens wird durch den AraC-Repressor unterdrückt und kann durch Arabinose induziert werden.

Zur Klonierung des *lipB*-Gens wurde der Vektor pKP477 mit den Restriktionsenzymen *Nde*I und *Sma*I unter den vom Hersteller angegebenen Bedingungen geschnitten, anschließend durch Behandlung mit Alkalischer Phosphatase an den 5'-Enden dephosphoryliert und dann wie das *lipB*-PCR-Fragment mittels der GENE-CLEAN-Methode gereinigt.

Die Ligation des PCR-Fragments mit dem geschnittenen und dephosphorylierten Vektor pKP477, die Transformation und die Überprüfung der Transformanden erfolgte wie oben beschrieben. Das resultierende Plasmid trägt die Bezeichnung pBAD-lipB  
5 (Fig. 2).

**Beispiel 2: Herstellung eines Produzenten von R- $\alpha$ -Liponsäure**

Das in Beispiel 1 beschriebene Plasmid pBAD-lipB wurde mittels Elektroporation in den *E. coli*-Stamm W3110 transformiert und  
10 nach Selektion auf LB-Agarplatten mit 100 mg/l Ampicillin wurde das Plasmid aus einer der Transformanden reisoliert, mit Restriktionsendonukleasen gespalten und überprüft. Mit dem Kontrollplasmid pKP477 wurde in analoger Weise verfahren.

15 **Beispiel 3: Fermentative Produktion von R- $\alpha$ -Liponsäure**

Für die fermentative Produktion von R- $\alpha$ -Liponsäure wurde der Stamm W3110 / pBAD-lipB verwendet. Als Vergleich diente der Stamm W3110 mit dem "leeren" Kontrollplasmid pKP477, der unter exakt denselben Bedingungen kultiviert wurde.

20 Als Vorkultur für die Produktionsanzucht wurden zunächst 5 ml LB-Flüssigmedium, das 100 mg/l Ampicillin enthielt, mit dem jeweiligen Stamm beimpft und für 16 h bei 37 °C und 160 rpm auf einem Schüttler inkubiert. Anschließend wurden die Zellen durch Zentrifugation geerntet und zweimal mit dem entsprechenden Volumen steriler Saline (0,9 % NaCl) gewaschen. Mit den auf diese Weise vorbereiteten Zellen wurden schließlich 15 ml BS-Medium (7 g/l K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 3 g/l KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 1 g/l (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,1 g/l MgSO<sub>4</sub> x 7 H<sub>2</sub>O; 0,5 g/l Na<sub>3</sub>Citrat x 3 H<sub>2</sub>O; 0,2% säurehydrolysiertes Casein (vitaminfrei); 13,5 g/l Na<sub>2</sub>Succinat x 6 H<sub>2</sub>O; pH 30 6,8 mit HCl eingestellt), das außerdem 100 mg/l Ampicillin enthielt, im Verhältnis 1:100 angeimpft. Die Inkubation der Produktionskulturen erfolgte bei 37 °C und 160 rpm auf einem Schüttler für 24 h. Die Expression des Lipoyl-Protein-Ligase B-Gens wurde durch Zugabe von 0,2 g/l L-Arabinose nach ca. 4 h  
25 Inkubation induziert. Nach 24 h wurden Proben entnommen und die Zellen durch Zentrifugation vom Kulturmedium abgetrennt. Die darin enthaltene R- $\alpha$ -Liponsäure wurde mittels des bekannten turbidimetrischen Bioassays (Herbert und Guest, 1970,

Meth. Enzymol. 18A: 269-272) quantifiziert. Tabelle 1 zeigt die erzielten Gehalte freier R- $\alpha$ -Liponsäure im jeweiligen Kulturerüberstand nach 24 h Inkubation:

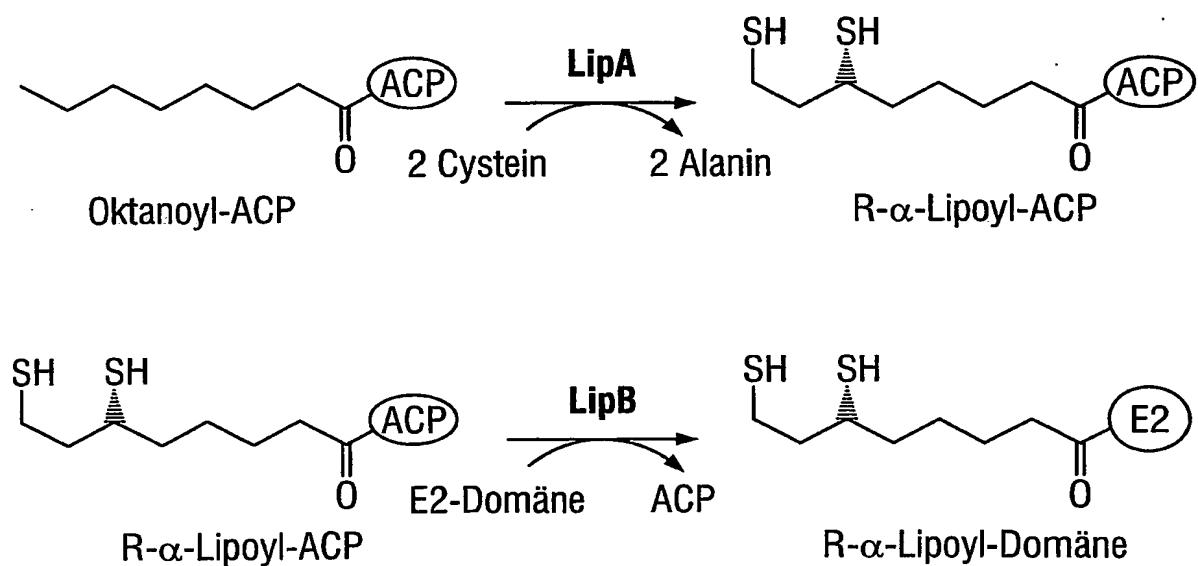
5 Tabelle 1:

Stamm	R- $\alpha$ -Liponsäure [ $\mu$ g/l]
W3110 / pBAD-lipB	24
W3110 / pKP477	0

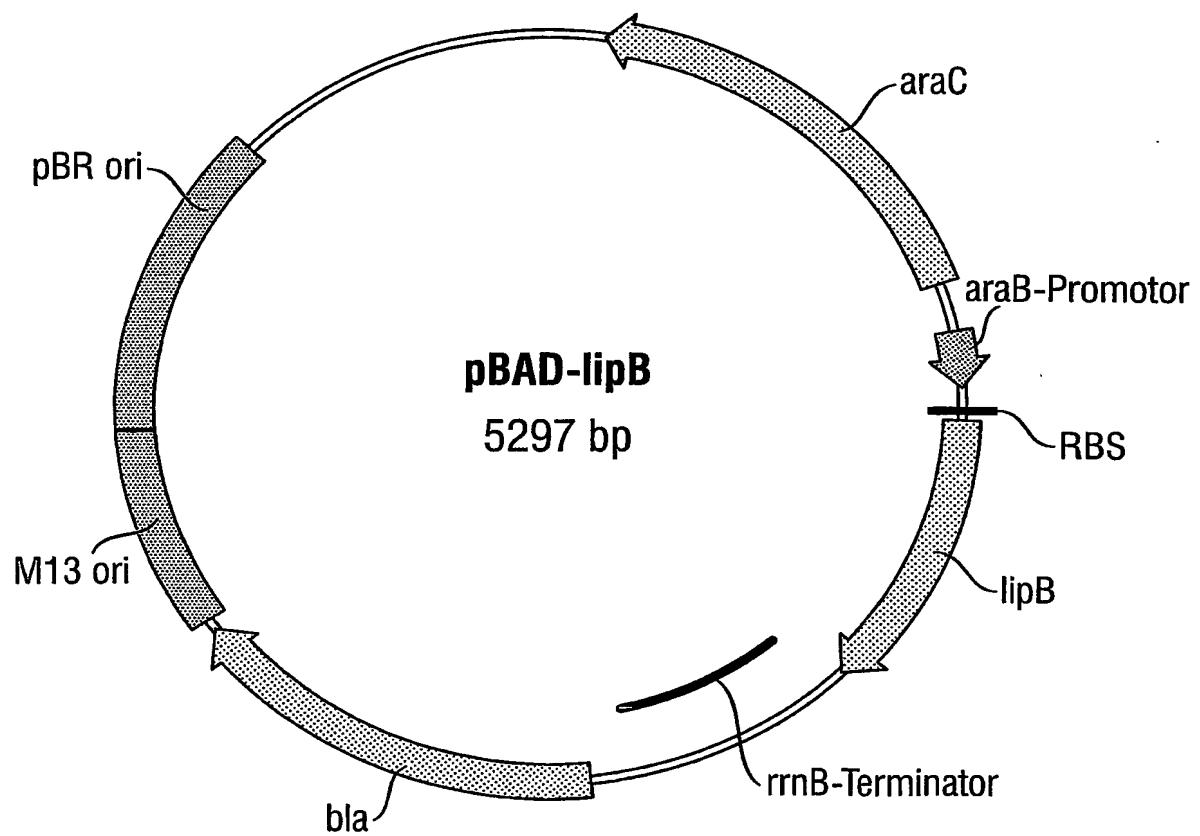
**Patentansprüche**

1. Zelle, die enantiomerenreine R- $\alpha$ -Liponsäure in ein Kulturmedium sekretiert, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen (*lipB*-Gen) überexprimiert.  
5
2. Zelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie das Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen im Vergleich zu einer Wildtyp-Zelle, aus der das Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen gewonnen wurde, mindestens um den Faktor 2, bevorzugt mindestens um 10 den Faktor 5, vermehrt exprimiert.
3. Zelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen um ein Gen mit 15 der Sequenz SEQ ID NO: 1 oder eine funktionelle Variante dieses Gens handelt.
4. Zelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopienzahl des *lipB*-Gens in der Zelle erhöht ist oder die Expression des *lipB*-Gens, vorzugsweise 20 durch einen geeigneten Promotor, gesteigert ist.
5. Zelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Lipoyl-Protein-Ligase B-Gen für ein Protein umfassend die Sequenz ID NO: 2 oder funktionelle Varianten mit einer Sequenzhomologie zu SEQ ID NO: 2 größer 40 25 % codiert.
6. Zelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um einen Mikroorganismus, wie zum 30 Beispiel einen Hefe- oder Bakterienstamm, handelt.
7. Zelle nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um einen Bakterienstamm aus der Familie der Enterobacteriaceae, ganz besonders bevorzugt um einen Stamm der Art 35 *Escherichia coli*, handelt.

8. Plasmid dadurch gekennzeichnet, dass es ein *lipB*-Gen unter funktioneller Kontrolle eines Promotors enthält.
9. Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Zelle,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass in eine Ausgangszelle ein er-  
findungsgemäßes Plasmid eingebracht wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass  
als Ausgangszelle eine Zelle eines pro- oder eukaryonti-  
10 schen Organismus eingesetzt wird, die in der Lage ist, R- $\alpha$ -  
Liponsäure zu synthetisieren, die einem rekombinanten Ver-  
fahren zugänglich ist und die durch Fermentation kultivier-  
bar ist.
- 15 11. Verfahren zur Herstellung enantiomerenreiner R- $\alpha$ -  
Liponsäure, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass eine  
Zelle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 in einem Kulturme-  
dium kultiviert wird, wobei die Zelle enantiomerenreine R-  
20  $\alpha$ -Liponsäure in freier Form in das Kulturmedium ausscheidet  
und die enantiomerenreine R- $\alpha$ -Liponsäure von dem Kulturme-  
dium abgetrennt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Abtrennung der enantiomerenreinen R- $\alpha$ -Liponsäure durch  
25 Zentrifugation des Kulturmediums und anschließende Extrakt-  
tion oder Präzipitation der R- $\alpha$ -Liponsäure erfolgt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeich-  
net, dass eine Inkubation der Zellen in einem Minimalsalz-  
30 medium als Kulturmedium unter aeroben Kultivierungs-  
bedingungen über einen Zeitraum von 16 - 150 h und im Be-  
reich der für die jeweiligen Zellen optimalen Wachstumstem-  
peratur erfolgt.

**Hin: 1: Synthese der R- $\alpha$ -Liponsäure in *E. coli***

***Fig. 2: Vektor pBAD-lipB***



## SEQUENZ PROTOKOLL

5 <110> Consortium fuer elektrochemische Industrie GmbH  
 <120> Zellen zur fermentativen Herstellung von  
 R-alpha-Liponsaeure  
 10 <130> Col0219  
 <140>  
 <141>  
 15 <160> 4  
 <170> PatentIn Ver. 2.0  
 20 <210> 1  
 <211> 679  
 <212> DNA  
 <213> Escherichia coli  
 25 <220>  
 <221> CDS  
 <222> (16) .. (654)  
 30 <300>  
 <301> Reed, Kelynne E.  
     Cronan Jr., John E.  
 <302> Lipoic Acid Metabolism in Escherichia coli: Sequencing  
     and Functional Characterization of the lipA and lipB  
     Genes  
 <303> J. Bacteriol.  
 35 <304> 175  
 <305> 5  
 <306> 1325-1336  
 <307> 1993  
 40 <400> 1  
 cacggagatg cccat atg tat cag gat aaa att ctt gtc cgc cag ctc ggt 51  
     Met Tyr Gln Asp Lys Ile Leu Val Arg Gln Leu Gly  
     1                   5                   10  
 45 ctt cag cct tac gag cca atc tcc cag gct atg cat gaa ttc acc gat 99  
     Leu Gln Pro Tyr Glu Pro Ile Ser Gln Ala Met His Glu Phe Thr Asp  
     15                   20                   25  
 50 acc cgc gat gat agt acc ctt gat gaa atc tgg ctg gtc gag cac tat 147  
     Thr Arg Asp Asp Ser Thr Leu Asp Glu Ile Trp Leu Val Glu His Tyr  
     30                   35                   40  
 55 ccg gta ttc acc caa ggt cag gca gga aaa gcg gag cac att tta atg 195  
     Pro Val Phe Thr Gln Gly Gln Ala Gly Lys Ala Glu His Ile Leu Met  
     45                   50                   55                   60



	35	40	45
	Gln Gly Gln Ala Gly Lys Ala Glu His Ile Leu Met Pro Gly Asp Ile		
	50	55	60
5	Pro Val Ile Gln Ser Asp Arg Gly Gly Gln Val Thr Tyr His Gly Pro		
	65	70	75
	Gly Gln Gln Val Met Tyr Val Leu Leu Asn Leu Lys Arg Arg Lys Leu		
10	85	90	95
	Gly Val Arg Glu Leu Val Thr Leu Leu Glu Gln Thr Val Val Asn Thr		
	100	105	110
15	Leu Ala Glu Leu Gly Ile Glu Ala His Pro Arg Ala Asp Ala Pro Gly		
	115	120	125
	Val Tyr Val Gly Glu Lys Lys Ile Cys Ser Leu Gly Leu Arg Ile Arg		
	130	135	140
20	Arg Gly Cys Ser Phe His Gly Leu Ala Leu Asn Val Asn Met Asp Leu		
	145	150	155
	Ser Pro Phe Leu Arg Ile Asn Pro Cys Gly Tyr Ala Gly Met Glu Met		
25	165	170	175
	Ala Lys Ile Ser Gln Trp Lys Pro Glu Ala Thr Thr Asn Asn Ile Ala		
	180	185	190
30	Pro Arg Leu Leu Glu Asn Ile Leu Ala Leu Leu Asn Asn Pro Asp Phe		
	195	200	205
	Glu Tyr Ile Thr Ala		
	210		
35			
	<210> 3		
	<211> 34		
	<212> DNA		
40	<213> Artificial Sequence		
	<220>		
	<223> Description of Artificial Sequence: Oligonukleotid		
	lipB-fwd		
45	<400> 3		
	cacggagatg cccatatgt a tcaggataaa attc		
50	<210> 4		
	<211> 30		
	<212> DNA		
	<213> Artificial Sequence		
55	<220>		

<223> Description of Artificial Sequence: Oligonukleotid  
lipB-rev

<400> 4 30  
5 attggggccat tgatgtatgg aat<sup>ta</sup>aggcgg

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/10687A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 C12P7/42 C12N15/63 C12N1/21 C12N9/00 C07D339/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C12P C12N C07D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

BIOSIS, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>REED K E ET AL: "LIPOIC ACID METABOLISM IN ESCHERICHIA COLI: SEQUENCING AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF LIPA AND LIPB GENES" JOURNAL OF BACTERIOLOGY, WASHINGTON, DC, US, vol. 175, no. 5, March 1993 (1993-03), pages 1325-1336, XP008025890 ISSN: 0021-9193 cited in the application the whole document</p> <p>---</p> <p>-/-</p>	1-10

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 March 2004

Date of mailing of the international search report

16/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Madruga, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No  
PCT/EP 03/10687

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	VAISVILA ROMAS ET AL: "The LipB protein is a negative regulator of dam gene expression in <i>Escherichia coli</i> " <i>BIOCHIMICA ET BIOPHYSICA ACTA</i> , vol. 1494, no. 1-2, 15 November 2000 (2000-11-15), pages 43-53, XP004275790 ISSN: 0006-3002 the whole document ---	1-10
Y		11-13
X	JORDAN SEAN W ET AL: "A new metabolic link: The acyl carrier protein of lipid synthesis donates lipoic acid to the pyruvate dehydrogenase complex in <i>Escherichia coli</i> and mitochondria" <i>JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY</i> , vol. 272, no. 29, 1997, pages 17903-17906, XP002268661 ISSN: 0021-9258 page 17905, left-hand column, paragraph 2 ---	1-10
X	MORRIS TIMOTHY W ET AL: "Lipoic Acid Metabolism in <i>Escherichia coli</i> : The <i>lplA</i> and <i>lipB</i> Genes Define Redundant Pathways for Ligation of Lipoyl Groups to Apoprotein" <i>JOURNAL OF BACTERIOLOGY</i> , vol. 177, no. 1, 1995, pages 1-10, XP002268660 ISSN: 0021-9193 the whole document ---	1-10
X	YASUNO R ET AL: "Biosynthesis of lipoic acid in <i>arabidopsis</i> : cloning and characterization of the cDNA for lipoic acid synthase" <i>PLANT PHYSIOLOGY</i> , AMERICAN SOCIETY OF PLANT PHYSIOLOGISTS, ROCKVILLE, MD, US, vol. 118, 1998, pages 935-943, XP002961224 ISSN: 0032-0889 the whole document ---	8
X	DE 100 42 739 A (DEGUSSA) 14 March 2002 (2002-03-14) claims 1-5; example 2 ---	8
		-/-

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/10687

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CHEN X J: "Cloning and characterization of the lipoyl-protein ligase gene LIPB from the yeast <i>Kluyveromyces lactis</i> : Synergistic respiratory deficiency due to mutations in LIPB and mitochondrial F-1-ATPase subunits" MOLECULAR AND GENERAL GENETICS, vol. 255, no. 3, 1997, pages 341-349, XP002268663 ISSN: 0026-8925 the whole document	8
Y	MCFARLAN SARA ET AL: "Production of alpha-lipoic acid by a recombinant organism" ABSTRACTS OF PAPERS AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 224, no. 1-2, 18 August 2002 (2002-08-18), page BIOT 220 XP008027301 224th National Meeting of the American Chemical Society; Boston, MA, USA; August 18-22, 2002 ISSN: 0065-7727 the whole document	11-13
P,X	JORDAN SEAN W ET AL: "The <i>Escherichia coli</i> lipB gene encodes lipoyl (octanoyl)-acyl carrier protein:protein transferase." JOURNAL OF BACTERIOLOGY, vol. 185, no. 5, March 2003 (2003-03), pages 1582-1589, XP002268662 ISSN: 0021-9193 the whole document	1-13
A	GOPALAN A S ET AL: "STEREOCHEMICAL CONTROL OF YEAST REDUCTIONS: SYNTHESIS OF R-(+)-ALPHA-LIPOIC ACID" TETRAHEDRON LETTERS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, vol. 30, no. 42, 1989, pages 5705-5708, XP001018157 ISSN: 0040-4039 cited in the application the whole document	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

Internati

lication No

PCT/EP 03/10687

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10042739 A	14-03-2002	DE 10042739 A1 US 2002031809 A1	14-03-2002 14-03-2002

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Patentzeichen  
PCT/EP 03/10687

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 C12P7/42 C12N15/63 C12N1/21 C12N9/00 C07D339/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C12P C12N C07D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

BIOSIS, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>REED K E ET AL: "LIPOIC ACID METABOLISM IN ESCHERICHIA COLI: SEQUENCING AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF LIPA AND LIPB GENES" JOURNAL OF BACTERIOLOGY, WASHINGTON, DC, US, Bd. 175, Nr. 5, März 1993 (1993-03), Seiten 1325-1336, XP008025890 ISSN: 0021-9193 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument</p> <p>---</p> <p>-/-</p>	1-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. März 2004	16/03/2004
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Madruga, J

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen  
PCT/EP 03/10687

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	VAISVILA ROMAS ET AL: "The LipB protein is a negative regulator of dam gene expression in Escherichia coli" BIOCHIMICA ET BIOPHYSICA ACTA, Bd. 1494, Nr. 1-2, 15. November 2000 (2000-11-15), Seiten 43-53, XP004275790 ISSN: 0006-3002 das ganze Dokument ---	1-10
Y		11-13
X	JORDAN SEAN W ET AL: "A new metabolic link: The acyl carrier protein of lipid synthesis donates lipoic acid to the pyruvate dehydrogenase complex in Escherichia coli and mitochondria" JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY, Bd. 272, Nr. 29, 1997, Seiten 17903-17906, XP002268661 ISSN: 0021-9258 Seite 17905, linke Spalte, Absatz 2 ---	1-10
X	MORRIS TIMOTHY W ET AL: "Lipoic Acid Metabolism in Escherichia coli: The lplA and lipB Genes Define Redundant Pathways for Ligation of Lipoyl Groups to Apoprotein" JOURNAL OF BACTERIOLOGY, Bd. 177, Nr. 1, 1995, Seiten 1-10, XP002268660 ISSN: 0021-9193 das ganze Dokument ---	1-10
X	YASUNO R ET AL: "Biosynthesis of lipoic acid in arabidopsis: cloning and characterization of the cDNA for lipoic acid synthase" PLANT PHYSIOLOGY, AMERICAN SOCIETY OF PLANT PHYSIOLOGISTS, ROCKVILLE, MD, US, Bd. 118, 1998, Seiten 935-943, XP002961224 ISSN: 0032-0889 das ganze Dokument ---	8
X	DE 100 42 739 A (DEGUSSA) 14. März 2002 (2002-03-14) Ansprüche 1-5; Beispiel 2 ---	8 -/-

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat:	Aktenzeichen
PCT/EP	03/10687

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CHEN X J: "Cloning and characterization of the lipoyl-protein ligase gene LIPB from the yeast Kluyveromyces lactis: Synergistic respiratory deficiency due to mutations in LIPB and mitochondrial F-1-ATPase subunits" MOLECULAR AND GENERAL GENETICS, Bd. 255, Nr. 3, 1997, Seiten 341-349, XP002268663 ISSN: 0026-8925 das ganze Dokument ---	8
Y	MCFARLAN SARA ET AL: "Production of alpha-lipoic acid by a recombinant organism" ABSTRACTS OF PAPERS AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, Bd. 224, Nr. 1-2, 18. August 2002 (2002-08-18), Seite BIOT 220 XP008027301 224th National Meeting of the American Chemical Society; Boston, MA, USA; August 18-22, 2002 ISSN: 0065-7727 das ganze Dokument ---	11-13
P, X	JORDAN SEAN W ET AL: "The Escherichia coli lipB gene encodes lipoyl (octanoyl)-acyl carrier protein:protein transferase." JOURNAL OF BACTERIOLOGY, Bd. 185, Nr. 5, März 2003 (2003-03), Seiten 1582-1589, XP002268662 ISSN: 0021-9193 das ganze Dokument ---	1-13
A	GOPALAN A S ET AL: "STEREOCHEMICAL CONTROL OF YEAST REDUCTIONS: SYNTHESIS OF R-(+)-ALPHA-LIPOIC ACID" TETRAHEDRON LETTERS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, Bd. 30, Nr. 42, 1989, Seiten 5705-5708, XP001018157 ISSN: 0040-4039 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internatik	zeichnen
<b>PCT/EP 03/10687</b>	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10042739 A	14-03-2002	DE 10042739 A1 US 2002031809 A1	14-03-2002 14-03-2002